ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ

Физический факультет

Лабороторная работа №4

Баллистический маятник.

Практикум выполнил:
Мамонтов
Владислав Эдуардович
Курс 1, группа 1

Преподаватель практикума:
Юлия Владимировна
Красникова

14 ноября 2020г.

Содержание

1. Оборудование и схема установки

1) Пневматическая винтовка
2) Набор пуль разной массы
3) Маятник регулируемой массы
4) Утяжелители для маятника

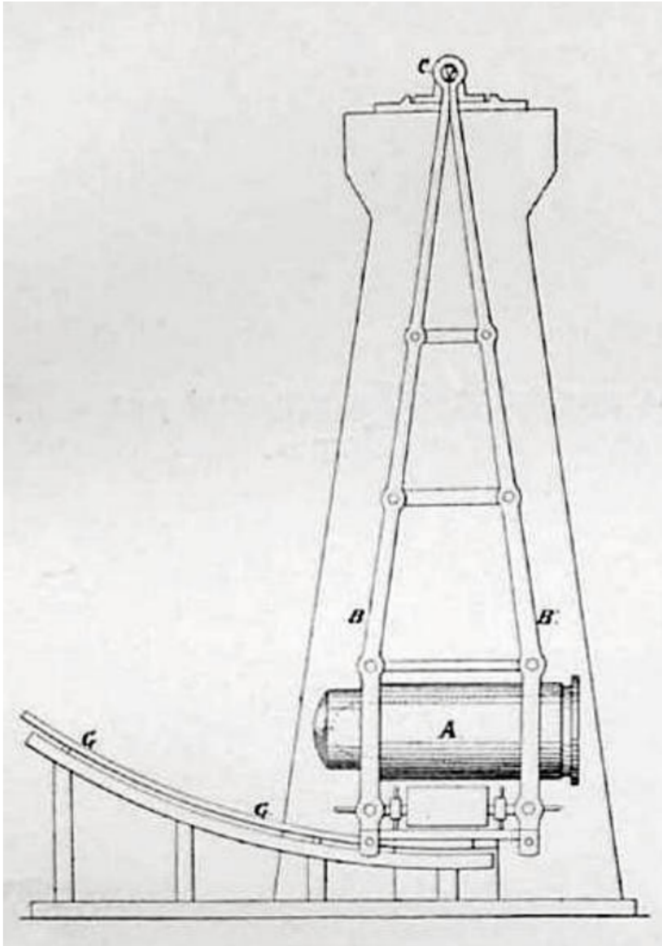

Рис. 1. Модель баллистического маятника

2. Теория и формулы

$$u = \frac{mv}{m+M}$$

$$H = \frac{p_0^2}{2(M+m)^2 g} = (\frac{m}{m+M})^2 \frac{v^2}{2g} \approx (\frac{m}{M})^2 \frac{v^2}{2g}$$

$$\Delta = \sqrt{L^2 - (L-H)^2} \approx \sqrt{2LH} = \sqrt{\frac{L}{g}} \frac{m}{M} v = T_0 \frac{m}{M} v$$

3. Ход работы

3.1. Эксперементальная зависимость

Соберем установку, соблюдая все тонкости, прописанные в работе. Сбор данных будем вестиметодом видео фиксации, в силу большей точности.
Так выглядит маятник в состоянии покоя. Точка равновесия: $l = 20cm$

Рис. 2. Маятник в положении равновесия

Обрабатывать аплитуду с видео очень просто, ведь скорость маятника в момент прохождения амплитуды равна нулю,следовательно на нужном кадре маятник будет смазан меньше всего. Ниже приведен наглядный пример двух кадров: размазанного и нет.

Рис. 3. Маятник промежуточном положении

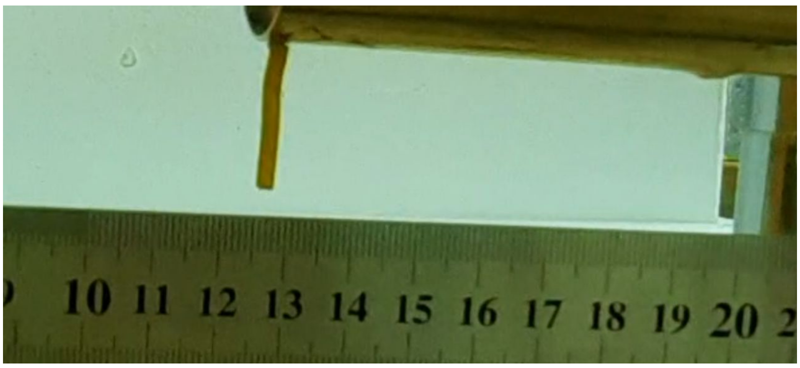

Рис. 4. Маятник в амплитудном положении

Утяжелим маятник грузиками так, чтобы колебания вызванные врезанием пули были малыми и попадали на камеру. Будем совершать серию из 10 выстрелов пюлями 6 разных масс. для каждой серии посчитаем среднюю скорость вылета пули из формулы для дельты получим зависимость скорости от массы. которая имеет вид:

$$v = a \cdot m^b$$

прологарифмируем данное выражение и получим:

$$ln(v) = ln(a \cdot m^b)$$

$$ln(v) = ln(a) + b \cdot ln(m)$$

Получаем что график зависимости $ln(v)(ln(m))$ - прямая, построив которую найдем вид зависимости скорости от массы.

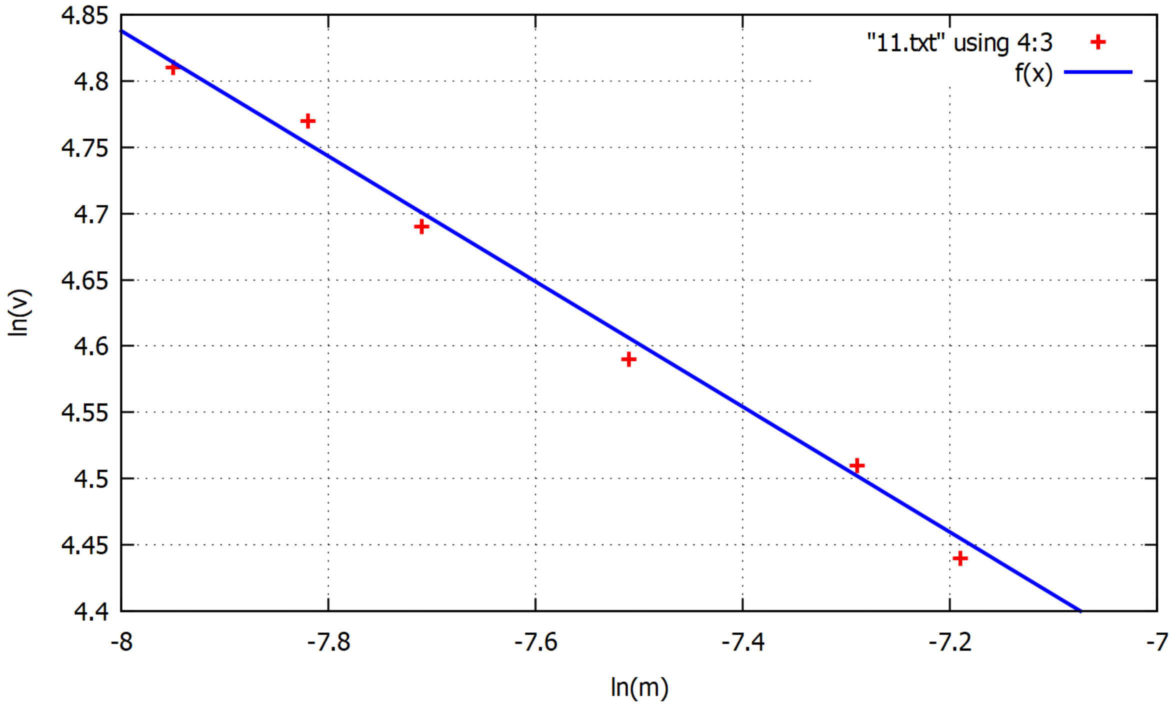

Рис. 5. График зависимости $ln(v) = ln(a) + b \cdot ln(m)$

Посчитаем значение параметров и их погрешностей по методу наименьших квадратов используя программу Gnuplot.

```
Final set of parameters            Asymptotic Standard Error
=======================            ==========================
a               = -0.472909        +/- 0.03055      (6.459%)
b               = 1.05447          +/- 0.2316       (21.97%)
```

Рис. 6. Значение параметров и их погрешностей

$$v = a \cdot m^b$$

$$b = -0.47$$

$$ln(a) = 1.05 \Rightarrow a = 2.86$$

Эксперементальная зависимость имеет вид:

$$v = 2.86 \cdot m^{-0.47}$$

3.2. Модель зависимости

Зная, что из себя представляет пневматическая винтавка, несложно предложить как зависит скорость пули при вылете от ее массы. Заряжая пневматическую винтовку мы оттягиваем тугую пружину на какое-то фиксированное x заряжая ее энергией:

$$E = \frac{kx^2}{2}$$

Эта энергия идет на ускорение пули: переходит в кинетическую энергию:

$$K = \frac{mv^2}{2}$$

В нашей моделе пусть потери малы и $E = K$

Исходя из этой модели можно расчитать запасенную энергию в винтовке:

$$K = \frac{mv^2}{2} = \frac{m \cdot a^2 \cdot m^{-0.94}}{2} \approx \frac{a^2}{2} = 4.1J$$

И приняв механизм за пружину, подчиняющуюся закону Гука, найдем примерный коэффициэнт жесткости с точностью до порядка, для этого возьмем $x \approx 7cm$

$$kx^2 = mv^2$$

$$v^2 = \frac{kx^2}{m}$$

$$v = \sqrt{k} \cdot x \frac{1}{\sqrt{m}}$$

$$\sqrt{k} \cdot x = 2.86 \Rightarrow (\frac{2.86}{0.07})^2 \approx 1500 \frac{H}{m}$$

4. Вывод

Самая простая теоретическая модель, оказалось достаточно точно совпадает с эксперементальными данными. Из этого можно сделать вывод, что при дальном расстоянии до цели, у данной винтовки практически нету потерь энергии на трении или сопротивление пули в полете (наша упрощенная модель это и упростила и сошлась с экспериментом).